

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi KAWAKUBO

GAU: 2644

SERIAL NO: 10/736,830

EXAMINER:

FILED: December 17, 2003

FOR: BULK ACOUSTIC WAVE DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

## REQUEST FOR PRIORITY

RECEIVED

APR 29 2004

Technology Center 2600

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e). Application No. Date Filed
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-381581	December 27, 2002
JAPAN	2003-402714	December 2, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- (B) Application Serial No.(s)  
 are submitted herewith  
 will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

  
Paul Sacher  
Registration No. 43,418

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

BEST AVAILABLE COPY

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日      2002年12月27日  
Date of Application:

出願番号      特願2002-381581  
Application Number:

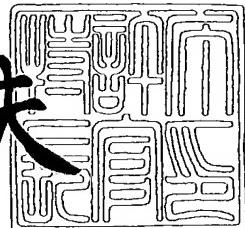
[ST. 10/C] : [JP2002-381581]

出願人      株式会社東芝  
Applicant(s):

2003年 7月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 14000601  
【提出日】 平成14年12月27日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04R 17/10  
【発明の名称】 薄膜圧電共振器  
【請求項の数】 4

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 川久保 隆

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003078  
【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
【氏名又は名称】 株式会社 東芝

## 【代理人】

【識別番号】 100075812

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 橋 谷 英 俊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100096921**【弁理士】****【氏名又は名称】** 吉 元 弘**【選任した代理人】****【識別番号】** 100103263**【弁理士】****【氏名又は名称】** 川 崎 康**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 087654**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜圧電共振器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成され前記基板と下面が下部空洞を形成する圧電膜と、この圧電膜の前記下面に接する下部電極と、前記圧電膜の上面に接し前記下部電極と重なる部分を有する上部電極とを含み前記圧電膜の膜面に垂直な方向に前記下部空洞に通じる第1貫通孔が形成された薄膜圧電共振子と、

前記圧電膜の前記上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に前記上部空洞に通じる第2貫通孔が形成された上部空洞形成膜と、

前記上部空洞形成膜を覆うとともに前記第2貫通孔を塞ぐように形成された封止層と、

を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 2】

前記第1貫通孔と前記第2貫通孔は重なるように形成されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 3】

前記圧電膜は端部近傍が平坦で、前記端部近傍から中央部に行くにつれて前記基板から離れ、前記中央部近傍が平坦であり、前記下部電極と前記上部電極の重なり部分は前記中央部近傍の平坦な領域に形成されていることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 4】

前記封止層は少なくとも表面が金属層であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の薄膜圧電共振器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、高周波フィルタや高周波発振器として応用が可能な、圧電体薄膜の厚み縦振動を用いた薄膜圧電共振器に関し、特に基板上に保護膜により気密封止

された薄膜圧電共振器に関する。

### 【0002】

#### 【従来の技術】

圧電膜の厚み縦共振を使用した薄膜圧電共振子は、F B A R (Film Bulk Acoustic Resonator)、あるいはB A W (Bulk Acoustic Wave) 素子などとも呼ばれており、非常に小さなデバイス寸法でG H z 帯以上の領域で高い励振効率と鋭い共振特性が得られることから、移動体無線などのR F フィルタや電圧制御発振器への応用に有望視されている技術である。

### 【0003】

薄膜圧電共振子では、共振周波数は圧電体の音速と膜厚によって決まり、通常  $1 \mu m \sim 2 \mu m$  の膜厚で  $2 G H z$  に、また  $0.4 \mu m \sim 0.8 \mu m$  の膜厚で  $5 G H z$  に対応し、数十G H z までの高周波数化が可能である。

### 【0004】

この薄膜圧電共振子を備えた薄膜圧電共振器を、図7に示すように直列ないし並列に複数個並べて梯子型フィルタを形成することにより、移動体通信機のR F フィルタとして利用することができる。また、図8に示すように、薄膜圧電共振器、バリキヤップ、および増幅器を組合せることで、移動体通信機の電圧制御発振器 (Voltage Controlled Oscillator: VCO) として利用することができる。

### 【0005】

薄膜圧電共振子の性能は、電気機械結合係数  $k_t^2$  と、品質係数Q値で表すことができる。電気機械結合係数が大きいほど広帯域のフィルタや、広帯域のV C Oを作成することができる。電気機械結合係数を上げるには、結晶固有の電気機械結合係数の大きいものを使用し、かつ結晶の分極軸を膜の厚み方向に揃えて共振子とすることが重要である。またQ値は、フィルタを形成したときの挿入損失や、発振器の発振の純度に関連する。Q値は弾性波を吸収するような多様な現象が関係しており、結晶の純度を高め、結晶方位をそろえ、また分極方向の揃った圧電膜を使用することで、大きなQ値を得ることができる。

### 【0006】

例えば、特許文献1には、従来の代表的な薄膜圧電共振器が開示されている。

この薄膜圧電共振器の構成およびその製造方法を図9に示す。まず、図9（a）に示すように、Si基板51上に異方性エッチングにより窪み52を形成し、その後、表面を絶縁膜53で覆う。次に、図9（b）に示すように、基板51上にエッチングしやすい犠牲層（例えばホウ素やリンをボープしたシリケートガラス、BPSG）55を形成する。その後、Si基板51の表面が露出するまで研磨し、平坦化する。これにより、窪み52のみに犠牲層55が残置される（図9（c）参照）。

#### 【0007】

次に、下部電極膜、圧電膜、上部電極膜を順に堆積し、パターニングすることにより、犠牲層55上に下部電極60b、圧電膜60a、および上部電極60cからなる薄膜圧電共振子60を形成する（図9（d）参照）。

#### 【0008】

続いて、図9（e）に示すように、犠牲層55に達する穴（図示せず）を、薄膜圧電共振子60に開けて、選択エッチングにより犠牲層55を除去する。このようなプロセスにより図9の薄膜共振子は形成される。

#### 【0009】

この薄膜圧電共振子60の圧電膜60aと上下電極60b、60cで構成される共振部は、その上下を空気層で挟んで振動エネルギーが閉じ込める必要があるため、さらにアルミナなどで作成されたパッケージに気密封止する必要がある。気密封止されたパッケージの例を図10に示す。アルミナ製の基板71に薄膜圧電共振子60をワイヤーボンディング73により接続し、基板71をアルミナ製の蓋77と、はんだ75により接合して気密封止する。

#### 【0010】

##### 【特許文献1】

特開2000-69594公報

#### 【0011】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このように、従来の薄膜圧電共振器においては上下電極間に振動エネルギーを閉じ込めるために、上部電極60cの上方および下部電極60bの下方に空気層を

設ける必要があり、かつ電極層などを外部環境から保護するために全体を封止する必要がある。下部電極60bの下方の空気層は、既に図9に示したように犠牲層55をあらかじめ作成して選択エッチングにより溶解除去する方法をとることができる。一方、上部電極60cの上方の空気層は、既に図10に示したように、アルミナなどで作成された気密封止用のパッケージに封入することが行われており、パッケージの構造が複雑で高価であり、またパッケージの大きさが大きくなるという問題点がある。

#### 【0012】

本発明は、上記事情を考慮してなされたものであって、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を提供することを目的とする。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の一態様による薄膜圧電共振器は、基板上に形成され基板と下面が下部空洞を形成する圧電膜と、この圧電膜の下面に接する下部電極と、圧電膜の上面に接し下部電極と重なる部分を有する上部電極とを含み圧電膜の膜面に垂直な方向に下部空洞に通じる第1貫通孔が形成された薄膜圧電共振子と、圧電膜の上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に上部空洞に通じる第2貫通孔が形成された上部空洞形成膜と、上部空洞形成膜を覆うとともに第2貫通孔を塞ぐように形成された封止層と、を備えたことを特徴とする。

#### 【0014】

なお、第1貫通孔と第2貫通孔は重なるように形成されていても良い。

#### 【0015】

なお、圧電膜は端部近傍が平坦で、端部近傍から中央部に行くにつれて基板から離れ、中央部近傍が平坦であり、下部電極と上部電極の重なり部分は中央部近傍の平坦な領域に形成されていることが好ましい。

#### 【0016】

なお、封止層は少なくとも表面が金属層であっても良い。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。

本発明の一実施形態による薄膜圧電共振器の構成を図1に示す。この薄膜圧電共振器は、薄膜圧電共振子3を備え、この薄膜圧電共振子3の平面図を図2に示す。なお、図1は、図2に示す切断線A-Aで切断した場合の断面図である。

### 【0018】

この実施形態による薄膜圧電共振器は、絶縁性基板1との間に下部空洞5が設けられるように絶縁性基板1上に形成された薄膜圧電共振子3と、この薄膜圧電共振子3との間に上部空洞7が設けられるように薄膜圧電共振子3上に形成された上部空洞形成膜9と、上部空洞形成膜9上に形成された封止層11と、電極13a、13bとを備えている。薄膜圧電共振子3は、圧電膜3aと、下部空洞5側に設けられた下部電極3bと、上部空洞7側に設けられた上部電極3cとを備えている。

### 【0019】

圧電膜6aは、絶縁性基板1との間に下部空洞5を形成するために、端部近傍部分は基板1に沿って形成され、中央部に行くに連れて基板1から離れるように形成され、中央部が平坦で基板1と一定の距離となるように構成されている。下部電極3bは、圧電膜3aの下部空洞5側の面に接して一方の端部から上記中央部まで延在するように構成されている（図1、図2参照）。上部電極3cは、圧電膜3aの上部空洞7側の面に接して他方の端部から上記中央部まで延在するように構成されている（図1、図2参照）。そして、下部電極3bと上部電極3cとは、中央部の平坦の領域で重なるように配置されており、この重なっている領域に対応する圧電膜3aが電極3b、3cからの電圧を受けて縦振動する。なお、本実施形態においては、図2に示すように下部電極3bと上部電極3cは同一方向に延在しているが、図3に示すように直交する方向に延在していても良い。

### 【0020】

また、薄膜圧電共振子3は、図2に示すように、下部空洞5と上部空洞7が通じるように貫通孔6が4個設けられている。この貫通孔6は、圧電膜3aの中央部の平坦領域に設けられることが好ましい。また、貫通孔6は、下部電極3bおよび上部電極3cに係るよう設けても良い。

**【0021】**

電極13aは、上部空洞形成膜9および封止層11に形成されたコンタクト孔を介して薄膜圧電共振子3の下部電極3bと電気的に接続され、電極13bは上部空洞形成膜9および封止層11に形成されたコンタクト孔を介して薄膜圧電共振子3の上部電極3cと電気的に接続される。

**【0022】**

次に、本実施形態による薄膜圧電共振器の製造方法を、図4を参照して説明する。なお、図4は、図2に示す切断線B-Bで切断した場合の断面図である。

**【0023】**

まず、図4(a)に示すように、絶縁性Siやガラスなどを使用した絶縁性基板1を用意し、P(磷)をドーピングした非晶質Siなどからなる犠牲層20を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッティング(RIE)によりパターニングを行った。続いて、図1で説明したと同じ構成を有する、圧電膜3aと上下電極3b、3cとを具備した薄膜圧電共振子3を形成した。このとき、圧電膜3aの一部には、犠牲層20を選択エッティングにより除去するための、下部エッティング孔6を形成した。

**【0024】**

次に、図4(b)に示すように、薄膜圧電共振子3の上に、犠牲層22を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッティングによりパターニングを行った。続いて、スパッタ法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法、または蒸着法を用いて、例えば酸化膜からなる上部空洞形成膜9を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッティングによりパターニングを行った。このとき、上部空洞形成膜9の一部には、犠牲層22を選択エッティングにより除去するための、上部エッティング孔8を形成した。なお、本実施形態においては、下部エッティング孔6と上部エッティング孔8は、お互いに重なる位置に作成したが、重ならない位置に形成しても良い。

**【0025】**

次に、図4(c)に示すように、犠牲層20、22のみを選択的に溶解除去できるエッチャントを使用して、上部エッティング孔8および下部エッティング孔6か

ら犠牲層22、20を同時に選択溶解除去し、薄膜圧電共振子3の上下に上部空洞7および下部空洞5を形成した。

#### 【0026】

次に、図4(d)に示すように、上部空洞形成膜9上に、例えばスパッタ法などを使用して、例えば酸化膜などからなる封止層11を成膜し、エッチング孔6、8を塞ぐことにより薄膜圧電共振子3を封止した。

#### 【0027】

以上説明したように、薄膜圧電共振子の共振部の上下に空洞を形成して封止した薄膜圧電共振器を簡略なプロセスで実現することが可能となり、従来の場合と異なり高価なアルミナパッケージ等に気密封止する必要が無くなる。これにより、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることができる。また、アルミナパッケージ等に気密封止する必要が無くなるため、本実施形態の薄膜圧電共振器は従来のものに比べて薄くすることができる。

#### 【0028】

なお、本実施形態においては、薄膜圧電共振子3にエッチング孔6が設けられ、上部空洞形成膜9にエッチング孔8が設けられているので、封止層11が剥がれにくいという利点を有している。

#### 【0029】

また、上記封止層11上に薄膜圧電共振子3から出力される高周波のノイズをシールドするために金属膜を被覆しても良い。

#### 【0030】

また、上記実施形態において、平らな基板1を用いる代わりに、図9に示すように窪んだ基板を用いれば、薄膜圧電共振子3は平坦な膜から構成されることになる。

#### 【0031】

また、上部空洞形成膜9および封止層11は、熱可塑性の樹脂を用いても良い。この場合、上部空洞形成膜9および封止層11はポッティング、スピンドルコート、またはラミネート法により形成することができる。なお、エッチング孔6とエッチング孔8の位置が異なる場合は、封止層11は樹脂以外の材料を用いてスパ

ツタ法により形成することが好ましい。

### 【0032】

また、図5に示すように、上部空洞形成膜9Aは金属材料から形成しても良い。この場合、電極13a、13bのうちの少なくとも一方は上部空洞形成膜9Aと電気的に絶縁されが必要となる。図5においては、電極13aが上部空洞形成膜9Aと電気的に絶縁されている。

### 【0033】

また、図6に示すように、封止層11Aは金属材料から形成しても良い。この場合、電極13a、13bのうちの少なくとも一方は封止層11Aと電気的に絶縁されが必要となる。図6においては、電極13aが封止層11Aと電気的に絶縁されている。このように封止層11Aが金属材料から形成されている場合には、薄膜圧電共振子3から出力される高周波ノイズをシールドすることができる。

### 【0034】

#### 【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施形態による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

##### 【図2】

実施形態による薄膜圧電共振器にかかる薄膜圧電共振子の平面図。

##### 【図3】

実施形態による薄膜圧電共振器にかかる他の薄膜圧電共振子の平面図。

##### 【図4】

実施形態による薄膜圧電共振器の製造工程を示す工程断面図。

##### 【図5】

実施形態の第1変形例による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

##### 【図6】

実施形態の第2変形例による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

【図7】

薄膜圧電共振器を使用した高周波フィルタ回路の構成を示す回路図。

【図8】

薄膜圧電共振器を使用した電圧制御発振器（VCO）の回路例を示す回路図。

【図9】

従来の薄膜圧電共振器の製造工程を示す工程断面図。

【図10】

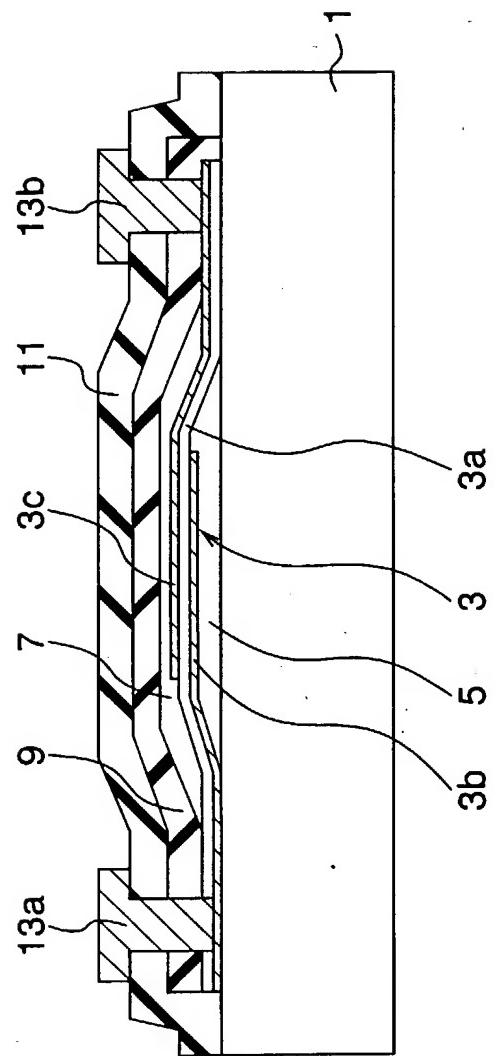
従来の薄膜圧電共振器の気密封止パッケージの断面図。

【符号の説明】

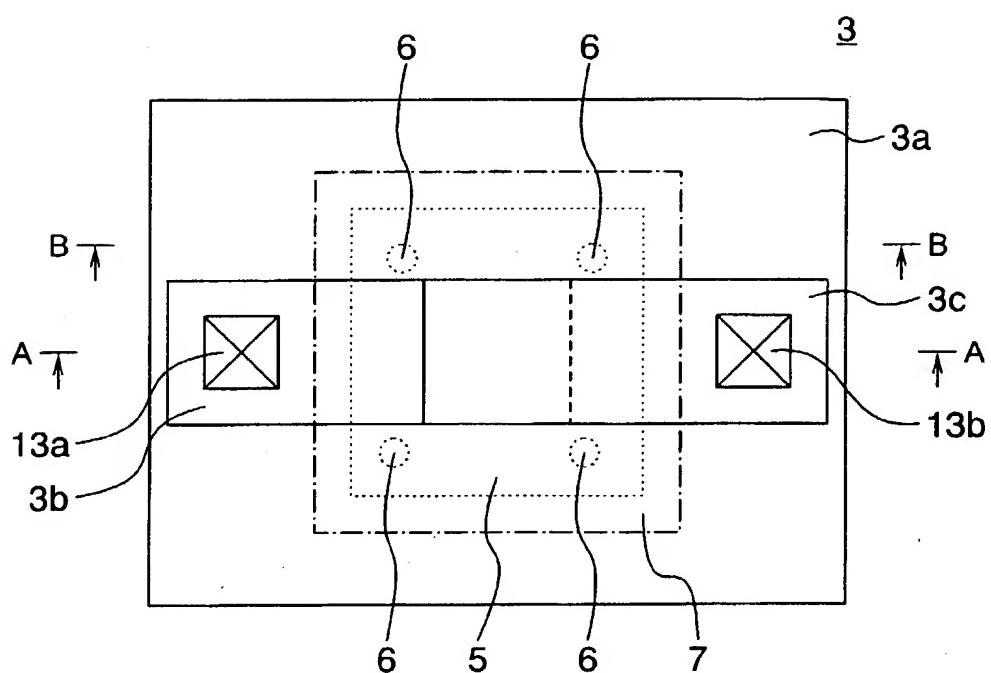
- 1 絶縁性基板
- 3 薄膜圧電共振子
  - 3 a 圧電膜
  - 3 b 下部電極
  - 3 c 上部電極
- 5 下部空洞
- 6 エッチング孔
- 7 上部空洞
- 8 エッチング孔
- 9 上部空洞形成膜
- 1 1 封止層
- 2 0 犠牲層
- 2 2 犠牲層

【書類名】 図面

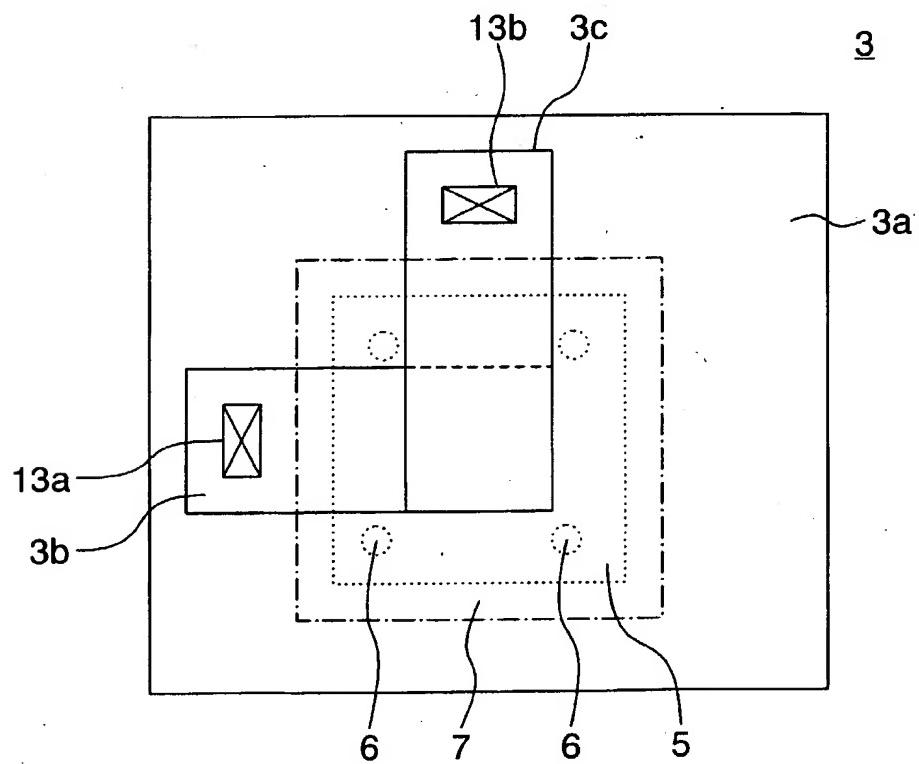
【図1】



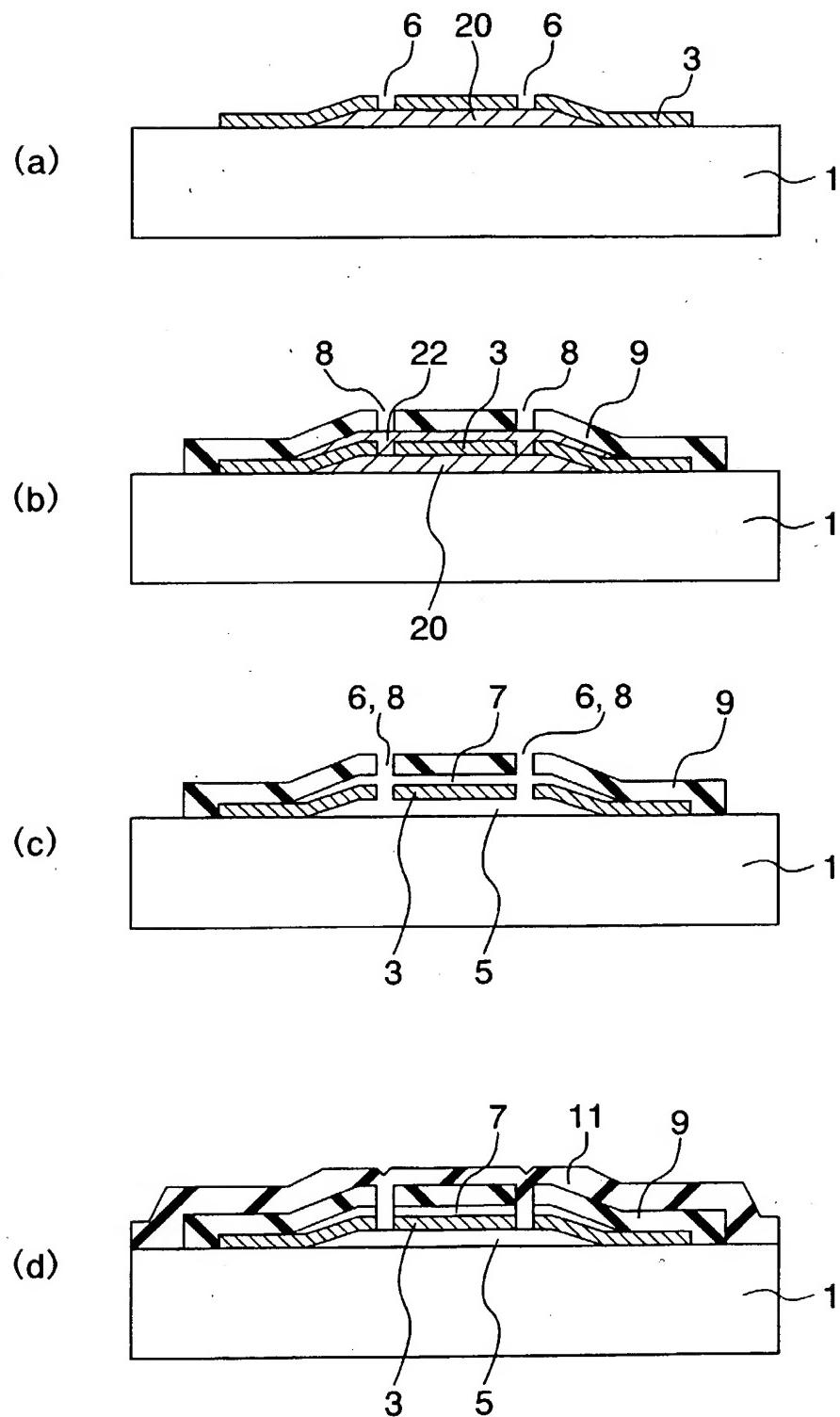
【図2】



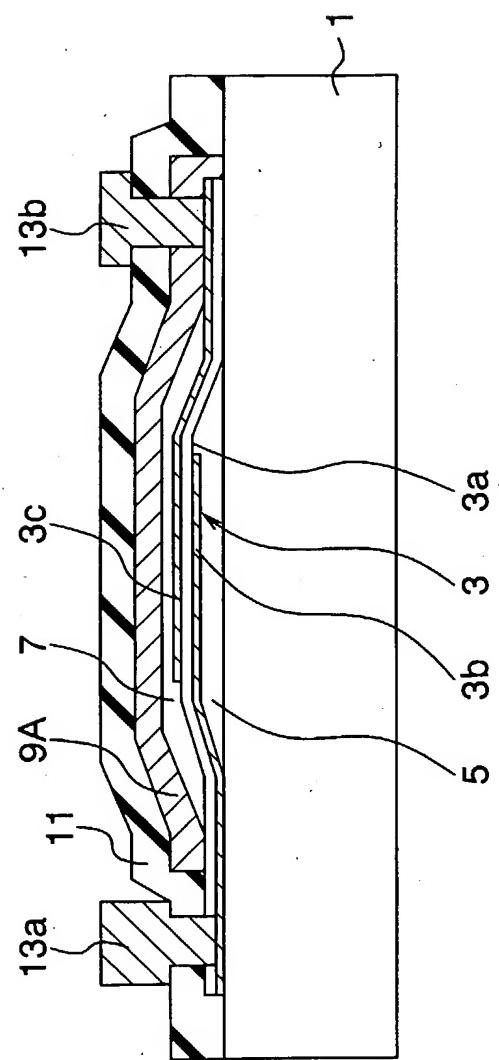
【図3】



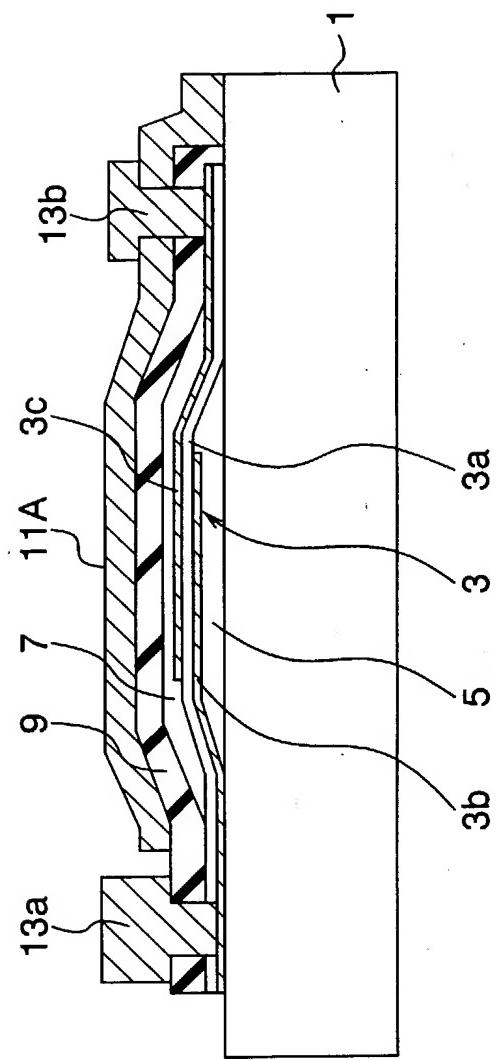
【図4】



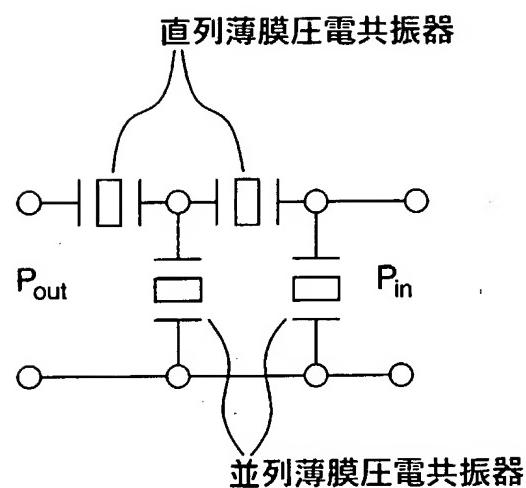
【図5】



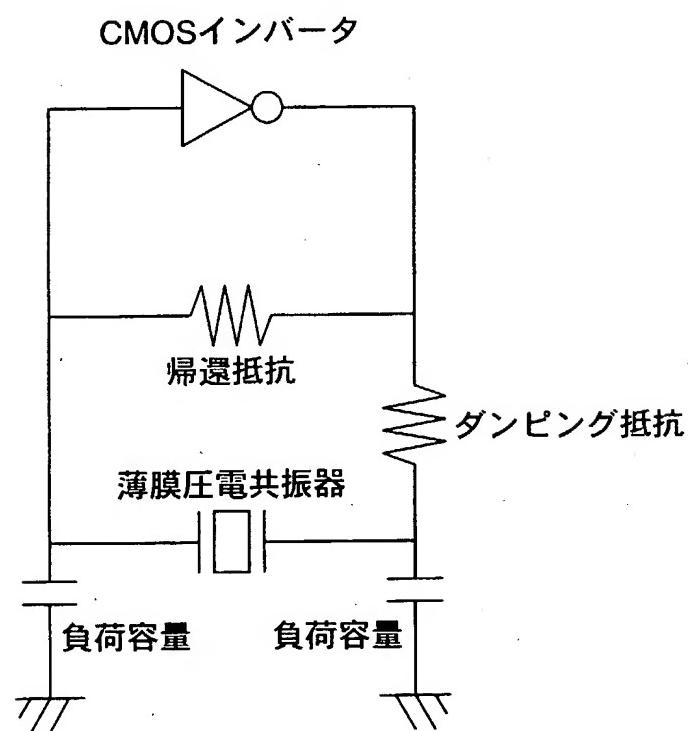
【図6】



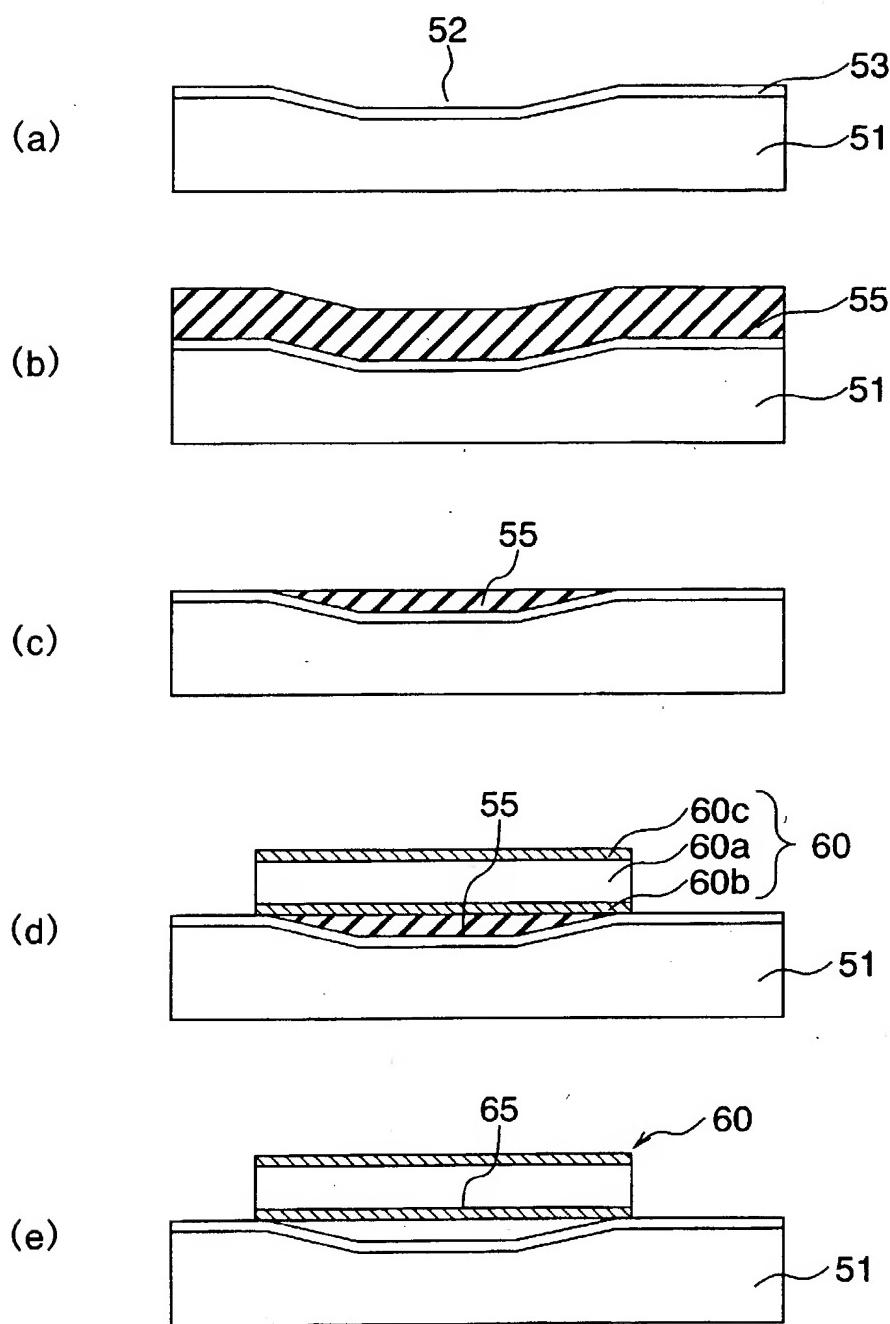
【図7】



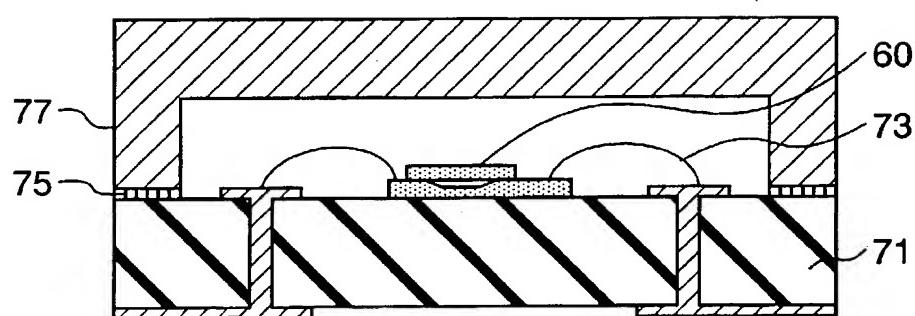
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることを可能にする。

【解決手段】 基板1上に形成され基板と下面が下部空洞5を形成する圧電膜3aと、この圧電膜の下面に接する下部電極3bと、圧電膜の上面に接し下部電極と重なる部分を有する上部電極3cとを含み圧電膜の膜面に垂直な方向に下部空洞に通じる第1貫通孔6が形成された薄膜圧電共振子3と、圧電膜の上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に上部空洞に通じる第2貫通孔8が形成された上部空洞形成膜9と、上部空洞形成膜を覆うとともに第2貫通孔を塞ぐように形成された封止層11と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図1

特願 2002-381581

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝